

PROCESSO E DESEMPENHO DE FABRICAÇÃO DA QUALIDADE ASTM A 514 Grau B NA LINHA DE TRATAMENTO TÉRMICO DO CHAPAS GROSSAS DA COSIPA ¹

*Marcos Roberto Fernandes Noro ²
Flavio Viana de Freitas ³
Aloísio Teixeira ⁴
José Fernando Pacheco ⁵
Robson Rodrigues Fialho ⁶*

Resumo

Este trabalho tem como objetivo apresentar as variáveis de processo na Linha de Tratamento Térmico do Chapas Grossas, para a qualidade ASTM A 514 Grau B – temperado e revenido bem como, o desempenho obtido. Quanto à metodologia foi utilizado o diagrama de causa e efeito para pesquisar, de forma sinérgica, a série de causas de um problema. Ressalto entre os testes efetuados o “Teste de Performance” onde foi possível verificar o tempo de permanência necessário das chapas no Forno de Tratamento Térmico e a velocidade de resfriamento na Máquina de Têmpera, além da análise do banco de dados, das variáveis de processo e os resultados de planicidade e as propriedades mecânicas obtidas após a revisão das mesmas. Pode-se afirmar que a revisão do processo com o estabelecimento de novos padrões foi fundamental para a melhoria da planicidade das chapas e uniformidade nas propriedades mecânicas consolidando a estabilidade e o controle do processo.

Palavras-chave: Tratamento térmico; Chapas grossas.

¹ Trabalho a ser apresentado ao 42º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos da ABM, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, Santos/ SP, 25 a 28 de Outubro de 2005.

² Membro da ABM. Engenheiro Metalurgista; Analista de Processos da Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Quente, Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão/ SP.

³ Membro da ABM. Engenheiro Metalurgista; Analista de Processos da Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Quente, Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão/ SP.

⁴ Técnico em Metalurgia; Assistente de Operação da Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Quente, Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão/ SP.

⁵ Técnico em Metalurgia; Assistente de Operação da Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Quente, Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão/ SP.

⁶ Técnico em Metalurgia; Operador de Produção da Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Quente, Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão/ SP..

1 INTRODUÇÃO

Dentre os processos utilizados na produção de chapas grossas, o tratamento térmico reveste-se de grande importância em função da amplitude do campo de aplicação de seus produtos. Atualmente as principais aplicações de chapas grossas tratadas termicamente são: plataformas marítimas, caldeiras, vasos de pressão, indústria naval, pontes e implementos agrícolas.

O objetivo do trabalho é apresentar as variáveis de processo da linha de Tratamento Térmico do Chapas Grossas bem como, o desempenho obtido da qualidade ASTM A 514 Grau B para o processo de temperado e revenido.

O procedimento de fabricação na área de Chapas Grossas inicia-se no reaquecimento das placas no forno "Walking Beam" que são laminadas, posteriormente, no laminador quadroo reversível tipo 4HI. Estas chapas após os processamentos na Linha de Acabamento são direcionadas para a Linha de Tratamento Térmico, onde primeiramente são submetidas ao jateamento por granalhas de aço para remoção da oxidação superficial. Em seguida, são aquecidas até a temperatura de austenitização em forno de tubos radiantes com atmosfera controlada por nitrogênio, evitando assim a descarbonetação e os demais inconvenientes causados pela oxidação. As chapas austenitizadas, no caso de têmpera, passam através da máquina de têmpera onde são temperadas.

A máquina de têmpera consiste essencialmente de uma zona de alta têmpera e uma zona de baixa têmpera onde a chapa é submetida a resfriamento através de chuveiros, até a temperatura ambiente.

Após a têmpera, para as qualidades específicas, as chapas são submetidas ao tratamento de revenimento, onde a temperatura e o tempo de tratamento são definidos pelas propriedades mecânicas desejadas.

1.1 Conceitos Fundamentais

- Processo de Têmpera - Consiste em aquecer o aço acima do limite superior da zona crítica, mantendo-o nesta temperatura por tempo suficiente para uma completa austenitização, seguindo de um resfriamento que não permita a ocorrência da reação austenita→ferrita+cementita, transformando-se a austenita em uma fase meta-estável, à martensita. Neste processo se obtém uma maior dureza, resistência a tração, a compressão e ao desgaste, porém temos uma menor resistência ao choque, ao alongamento, a estrição e a ductilidade.
- Processo de Revenimento - Consiste no reaquecimento dos aços temperados em temperaturas inferiores à zona crítica, mantendo-o nestas temperaturas por determinado tempo, seguido de um resfriamento ao ar. Neste processo se obtém a diminuição da dureza superficial, da fragilidade e da heterogeneidade estrutural, porém temos o aumento da tenacidade e o alívio das tensões internas.
- Conceito de Planicidade (Tolerância de Aplainamento) - Um dos requisitos mais importantes em termos de qualidade de chapas grossas é a planicidade. Uma chapa possui planicidade ideal quando todos os seus pontos estiverem em contato com uma superfície padrão completamente plano. É válido ressaltar que quando se trata material temperado e/ou revenido o grau de dificuldade é bem maior para obtenção da planicidade.

1.2 Principais Variáveis que Afetam a Planicidade e as Propriedades Mecânicas

O diagrama da Figura 1 (causa x efeito) relaciona as principais variáveis por equipamento na Linha de Tratamento Térmico, que afetam a planicidade e as propriedades mecânicas.

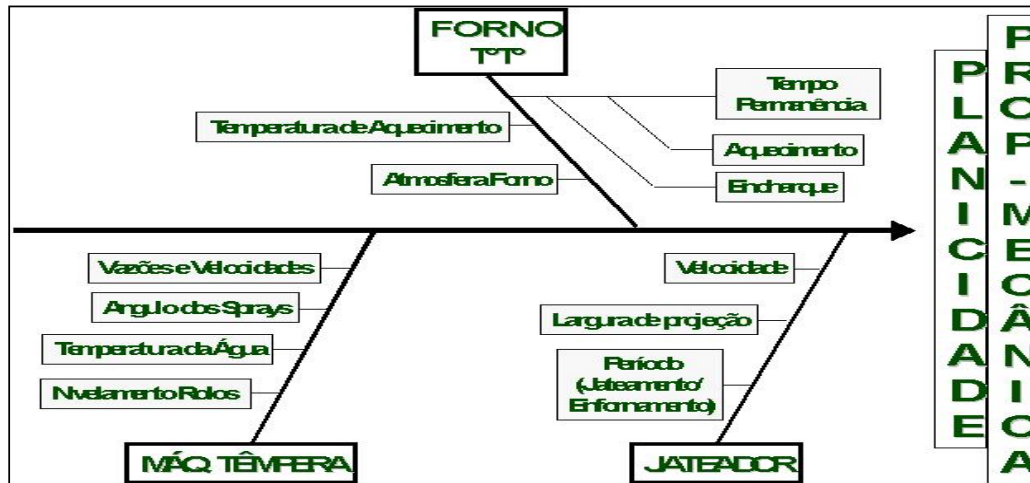


Figura 1. Causa e Efeito

Jateador

Tem a finalidade de retirar a carepa da superfície da chapa, formada durante o processo de laminação. A carepa afeta, sensivelmente, a uniformidade da dureza superficial da chapa após a têmpera. Além disto, todo material destinado ao Forno do tipo Tubo Radiante tem que sofrer o jateamento na sua face inferior para evitar que a carepa incruste no rolo, vindo a comprometer a qualidade do produto. A retirada da carepa é promovida mediante a projeção de granalhas esféricas de aço através de centrifugas. Basicamente, o Jateador de chapas é composto de mesas de rolos, para transporte da chapa, câmara de jateamento com centrifugas impulsoras das granalhas, situadas na parte superior e inferior em relação à mesa de rolos, câmara de limpeza onde são retiradas as granalhas da face superior da chapa através de escova, sistema de transporte das granalhas e um sistema de despoeiramento.

As principais variáveis envolvidas no processo são:

- A velocidade de jateamento que é definida em função da espessura do produto. Maior a espessura do produto menor será a velocidade de jateamento adotada.
- O numero de centrifugas utilizadas que é definida em função da largura do produto. Para produto de largura maior, maior será o numero de centrifugas necessárias no processo.
- O intervalo de tempo entre o jateamento e enfornamento deve ser o menor possível, de forma não provocar oxidação no material.

Forno de Tratamento Térmico

O Forno de Tubos Radiantes tem velocidade de mesas variáveis, permitindo o deslocamento da chapa dentro do forno em velocidades adequadas de modo a cumprir o tempo de forno estabelecido para o referido produto.

A operação utilizada é a de semi-oscilação, onde se trabalha com várias dimensões, obtendo assim maior flexibilidade na programação. A chapa é enforcada e permanece na zona de aquecimento em movimento oscilatório a velocidade constante, até completar o tempo de aquecimento, quando então é transferida para a zona de encharque. Após cumprir o tempo de encharque, a chapa é desenforcada.

As principais variáveis operacionais envolvidas no processo são:

- O tempo de permanência à temperatura de processo deve ser suficiente para que as chapas se aqueçam de modo uniforme, através de toda a sua seção. Tempo superior ao necessário pode haver indesejável crescimento de grão.
- A velocidade de aquecimento não deve ser lenta de forma que o crescimento do grão prejudique as propriedades mecânicas e nem elevada que venha provocar empeno no material.
- A temperatura de aquecimento deve ser acima da de rescritalização. O resfriamento subsequente completa as alterações estruturais e confere ao material as propriedades mecânicas desejadas.
- O ambiente de aquecimento é utilizado o nitrogênio como atmosfera protetora, de forma a evitar a oxidação e a decarbonetação.

Máquina de Têmpera

A Máquina de Têmpera possibilita temperar o material imediatamente após o seu desenformamento. Instalado, em conjunto com o Forno de Tubo Radiante, é basicamente, dividido em duas zonas, caracterizadas pela capacidade de resfriamento, região de alta têmpera e baixa têmpera. Compõem-se de “sprays” superiores e inferiores com jato de água em alta pressão.

As principais variáveis envolvidas no processo são:

- O arranjo da cortina d’água tem ajuste horizontal e vertical. Os alimentadores são colocados simetricamente em relação a posição da chapa. O ângulo de inclinação do jato d’água é pequeno. A uniformização da velocidade de resfriamento na face superior e inferior é condição fundamental para obtenção da forma final da chapa. A severidade da têmpera depende de inúmeros fatores, tais como: ângulo de inclinação dos “sprays” com a chapa, espessura da fenda, abertura dos rolos (com a pressão dos rolos pode-se atenuar a tendência empeno durante o resfriamento) e pressão da água.
- Na máquina de têmpera a transformação da austenita ocorre dentro da zona de alta intensidade. Considerando-se que a velocidade da chapa determina a localização (em relação à espessura) onde a transformação ocorre, a velocidade dos rolos deve ser controlada para garantir uma boa severidade de têmpera. Dessa maneira, uma chapa de maior espessura necessita estar a uma velocidade bem menor que uma chapa fina. Os aços de baixa temperabilidade necessitam de maior severidade de têmpera para que a transformação martensítica seja realizada. A composição química também determina o local onde a transformação ocorre e, por conseguinte, é intimamente relacionada com a velocidade da chapa.
- A determinação do volume de água através das seções de alta (HQ1, HQ2 e HQ3) e baixa (LQ) têmpera são definidas da seguinte forma:

- As vazões utilizadas na superfície da chapa são menores que as inferiores, isso para compensar o acúmulo de água sobre a chapa e conseqüentemente obter a uniformidade no resfriamento.
- A vazão do HQ2 deve ser maior que a do HQ1 para transpor a água acumulada na superfície da chapa e assim dar continuidade no resfriamento. O HQ1 menos intenso ameniza o choque térmico e favorece a obtenção de chapas planas.
- A temperatura da água de resfriamento é um dos fatores responsável pela taxa de resfriamento, onde quanto menor for a temperatura maior será a taxa de resfriamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O material ASTM A 514 Grau B é um aço da classe de 80 kgf/ mm² de resistência a tração utilizada principalmente na fabricação de equipamentos de terraplanagem, mineração, guindastes e pontes viárias. O processo utilizado para a obtenção da qualidade ASTM A 514 Grau B é o temperado e revenido.

As dimensões produzidas foram:

- Espessura: 6,35 a 31,75 mm
- Largura: 2438 a 3048 mm
- Comprimento: 6096 a 12192 mm

A composição química especificada do material pode ser vista na Tabela 1.

Tabela 1. Composição Química Especificada (%).

C	0,120 / 0,210	Mo	0,150 / 0,250
Mn	0,700 / 1,000	Cr	0,400 / 0,650
P máx.	0,035	Ti	0,010 / 0,030
S máx.	0,035	V	0,030 / 0,080
Si	0,200 / 0,350	B	0,0005 / 0,0050

As propriedades mecânicas especificadas são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Propriedades Mecânicas Especificadas

LE mín. Mpa (TT)	690
LR Mpa	760 / 895
Along. Mín. % (1) L ₀ = 50 mm	16
Redução de área mín. (%)	35
Dureza Brinell (HB) e ≤ 19,05 mm	235 / 293

Para espessura < 7, 90 mm a porcentagem de alongamento deverá ser reduzida conforme a Tabela 3.

Tabela 3. % de Alongamento Especificada

ESPESSURA (mm)	REDUÇÃO	ESPESSURA (mm)	REDUÇÃO
5,89 < e ≤ 6,22	3,00	6,91 < e ≤ 7,24	1,50
6,22 < e ≤ 6,55	2,50	7,24 < e ≤ 7,57	1,00
6,55 < e ≤ 6,91	2,00	7,57 < e ≤ 7,90	0,50

O método utilizado foi baseado no Diagrama de Causa e Efeito para pesquisar, de forma sinérgica, a série de causas de um problema. Esta ferramenta de controle de qualidade possibilitou uma visão do processo, relacionando o equipamento e as respectivas variáveis envolvidas.

No desenvolvimento desta qualidade, foram realizados vários testes na Linha de Tratamento Térmico:

- Teste de Imagem no Jateador

O objetivo foi avaliar se o angulo das centrifugas estão posicionados de forma a garantir o jateamento da chapa em toda a sua extensão. O teste consiste em jatear a chapa, parada em pontos isolados em relação a cada centrifuga (4 superiores e 4 inferiores) para posterior avaliação visual. A dimensão da chapa utilizada foi de 44,50 x 3800 x 6000 mm.

- Teste de Performance no Forno de Tratamento Térmico e Máquina de Têmpera

O objetivo foi a determinação do tempo de aquecimento, encharque e a capacidade de resfriamento da Máquina de Têmpera, para otimização da produção e garantia da qualidade do produto.

As medições de temperatura foram realizadas utilizando um microcomputador portátil, isolado por uma caixa de proteção térmica (Figura 1), que foi enfiada junto com a chapa de estudo.

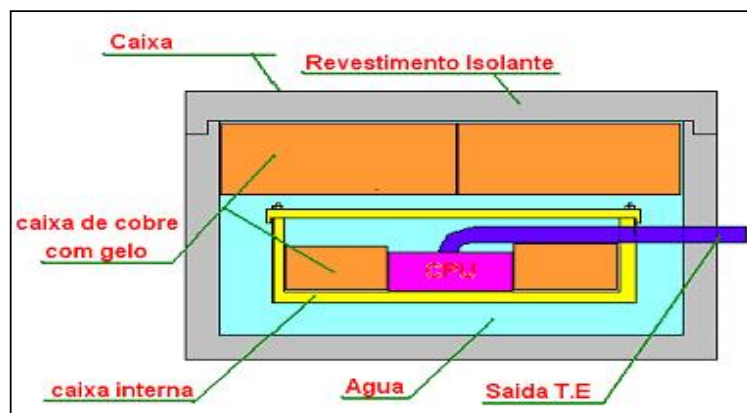


Figura 1. Caixa de Proteção Térmica

Ao microcomputador foram conectados os termopares, cujas juntas de medição são posicionadas na chapa à diferentes profundidades (Figura 2).

No teste, foram utilizadas 3 chapas para atender os processos de normalização, têmpera e revenimento, com as seguintes dimensões: 25,00 x 2440 x 12000 mm.

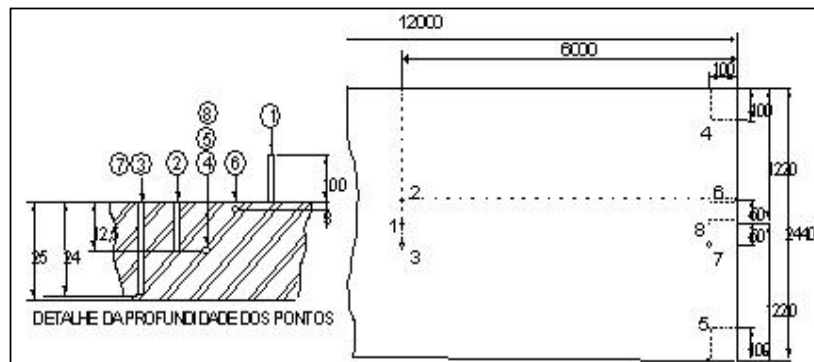


Figura 2. Profundidade de Medição dos Termopares

A avaliação foi feita com a extração dos dados coletados que expressaram as curvas de aquecimento, encharque e resfriamento.

- Banco de Dados da Máquina de Têmpera

Foram levantados uma ampla coleta de dados correlacionados aos valores utilizados de vazão (m³/min) e velocidade das mesas (m/min) da Máquina de Têmpera com os valores obtidos de planicidade e propriedade mecânica. Através destes e com conhecimento dos conceitos descritos anteriormente, foram definidos os parâmetros de processo objetivando a melhoria dos resultados e a padronização da operação.

3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os gráficos das Figuras 3 e 4 ilustram os valores obtidos de tolerância de aplainamento (mm) em função do numero de ondas por espessura do produto, bem como os valores ofertados pela COSIPA (restrita) e os definidos conforme padrão do mercado internacional (50 % A6).

O gráfico da Figura 5 mostra a redução do envio para a Desempenadeira a Frio conforme histórico operacional e o gráfico da Figura 6 indica o resultado obtido das propriedades mecânicas.

Conforme se pode verificar junto aos gráficos das Figuras 3 e 4, os valores obtidos estão abaixo do especificado por norma, que para o critério tolerância de aplainamento é um fator positivo. Estes resultados ampliam a confiabilidade da empresa ofertar ao mercado a qualidade ASTM A 514 Grau B, espessura < 20 mm, com tolerância de aplainamento conforme padrão do mercado internacional (50% ASTM A6/01– A20/01).

Também se observa através do gráfico da Figura 5, que como consequência da melhoria de processo, foi obtido um menor envio para a Desempenadeira a Frio para correção da planicidade e conseqüentemente uma redução no custo do processo.

O gráfico da Figura 6 indica que os parâmetros de propriedades mecânicas se apresentam estável e sobre controle.

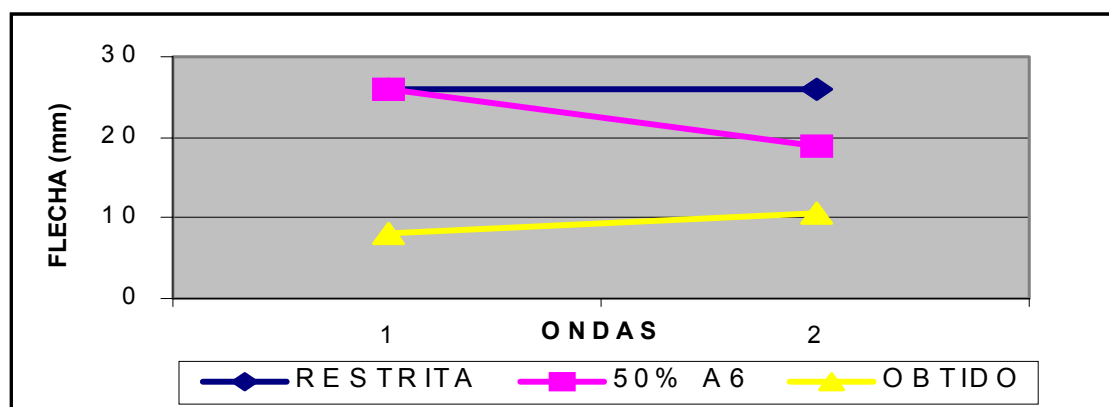


Figura 3. Planicidade (Espessura: 6,35 A 9,52 mm)

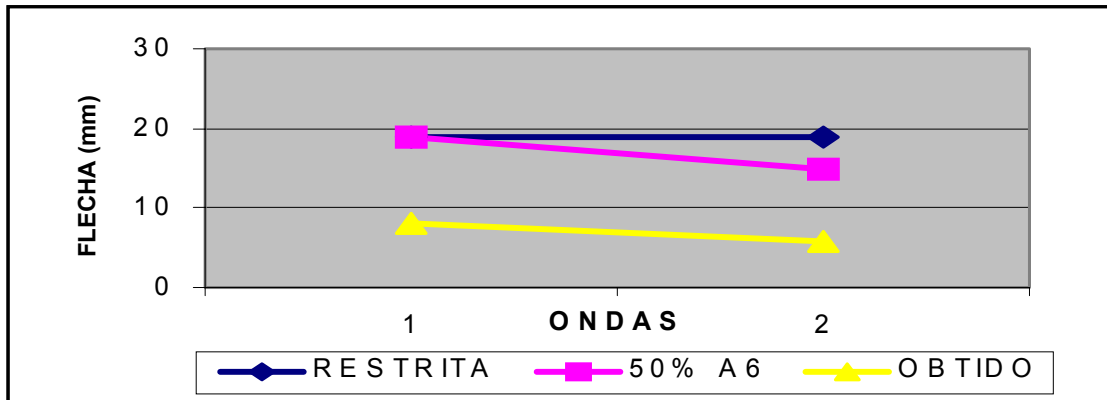


Figura 4. Planicidade (Espessura: 12,70 mm)

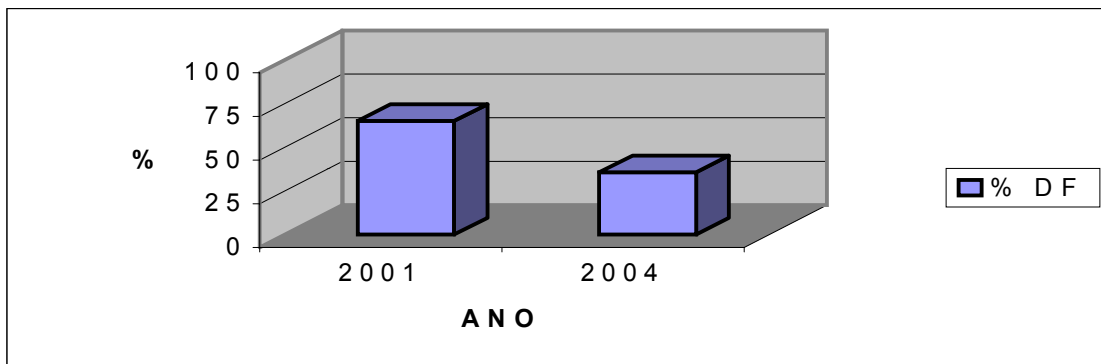


Figura 5. Envio – Desempenadeira a Frio

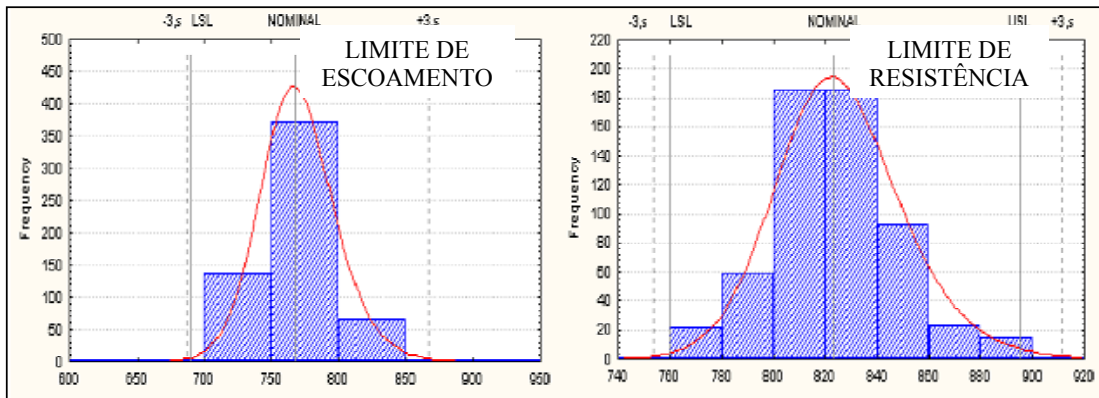


Figura 6. Propriedades Mecânicas

4 CONCLUSÃO

A revisão dos processos de Tratamento Térmico com o estabelecimento de novos parâmetros operacionais foi fundamental para a validação e padronização da operação, tendo como consequência a melhoria da planicidade e uniformidade nas propriedades mecânicas das chapas tratadas.

A uniformidade na operação coloca o processo sobre controle facilitando a rastreabilidade das interferências, e consequentemente, a busca das soluções de problemas aleatórios que possam afetar a qualidade.

É importante ressaltar a necessidade do monitoramento e controle constante dos parâmetros de processos para cada chapa tratada, tendo em vista a complexidade do mesmo.

Agradecimentos

- Wilson Moreira de Souza.

REFERÊNCIAS

- 1 Apostila de Desenvolvimento de Chapas Grossas Tratadas Termicamente. Departamento de Metalurgia e Inspeção – UDM – USIMINAS. Unidade de Metalurgia da Laminação a Quente – UMQ – USIMINAS.
- 2 Apostila do curso de Tratamento Térmico e Termoquímicos da ABM, Outubro 2003.
- 3 Manual de Requisitos Químicos e Mecânicos da COSIPA, 2005.
- 4 Relatório do Teste de Performance do Forno de Tratamento Térmico e Máquina de Têmpera da Linha de Chapas Grossas da COSIPA, Dezembro 2003.
- 5 Avaliação das Variáveis de Processamento de Normalização e Têmpera dos Aços ASTM 516 70N e USI AR 360Q no Forno de Tratamento Térmico 2 da USIMINAS , contribuição técnica ao 40º Seminário de Laminação da ABM – Vitória, ES, 21 a 24 de Outubro de 2003.

PROCESS AND PRODUCTION PERFORMANCE OF ASTM A 514 GRADE B PLATES AT THE HEAT TREATING LINE OF COSIPA¹

Marcos Roberto Fernandes Noro²

Flavio Viana de Freitas³

Aloísio Teixeira⁴

José Fernando Pacheco⁵

Robson Rodrigues Fialho⁶

Abstract

The objective of this work is to present the revised process variables applied at the Plate Heat Treating Line for the production of quenched and tempered ASTM A514 Grade B plates, as well the operational performance achieved. It was used as methodology the "Cause and Effect Diagram" to search, in a synergistic way, the several causes of the problem. Among the tests done the so called "Performance Test" can be highlighted, because it allowed to verify the minimum soaking time necessary to austenitize plates at the Heat Treating Furnace, as well the minimum cooling rate to be applied at the Roll Quenching Machine. Other operational variables were collected and analysed using the plant data bank, as well process parameters, flatness results and mechanical properties results from laboratory tests. It can be stated that the process revision established new standards which were fundamental for plate flatness improvement and uniformity in mechanical properties, assuring stability and process control.

Key words: Heat treating; Heavy plates.

¹ Paper to be presented in the 42^o Rolling Seminar – Processes, Rolled and Coated Products, ABM Seminar, Brazilian Metallurgy and Materials Association, Santos, Brazil, October 25 to 28, 2005.

² ABM Member. Metallurgical Engineer, Process Analyst, Hot Rolling Technical Support Section, Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão SP.

³ ABM Member. Metallurgical Engineer, Process Analyst, Hot Rolling Technical Support Section, Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão SP.

⁴ Metallurgical Technical, Operation Assistant; Hot Rolling Technical Support Section, Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão SP.

⁵ Metallurgical Technical, Operation Assistant; Heavy Plates Finish Management, Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão SP.

⁶ Metallurgical Technical, Production Operation; Heavy Plates Finish Management, Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão SP.